

Les sentinelles du changement climatique



Bioclimat

Le mergule nain Un pingouin sentinelle du réchauffement en Arctique

CINQ ÉQUIPES INTERNATIONALES de chercheurs collaborent pour mettre en évidence une corrélation entre le réchauffement de la mer du Groenland et le succès reproductif d'une espèce d'oiseau intimement adaptée à cet environnement extrême.



DAVID GREMILLET

JEAN-PHILIPPE PARIS/WWW.BALADEORNITHOLOGIQUE.COM



Le mergule nage jusqu'à 40 m de profondeur pour pêcher du zooplancton.

Qui aurait imaginé qu'un petit pingouin de 150 grammes, dont les colonies tonitruantes peuplent les côtes rocheuses du Groenland et du Spitzberg, serait considéré par les spécialistes comme un indicateur fiable et même assez précis du réchauffement climatique en mer du Groenland ? Le mergule nain doit sa qualité de bio-indicateur à son extrême sensibilité aux changements de température des eaux qui baignent ses sites de nidification. Les colonies du Spitzberg, où les eaux de surface se sont réchauffées ces dernières années, ont vu leurs effectifs diminuer et certains sites de reproduction ont été littéralement désertés. En suivant l'évolution des effectifs des diverses colonies de cet oiseau, il est possible d'évaluer l'intensité des effets du réchauffement climatique sur les eaux de l'océan Arctique fréquentées par l'espèce et plus particulièrement en mer du Groenland. Les plus grandes colonies de mergules nains se concentrent de part et d'autre de la mer du Groenland, entre 70 et 80°N, sur la côte est du Groenland, où 5 millions de couples viennent nicher, et sur celles du Spitzberg fréquentées par 1 million de couples. Ce petit oiseau marin doit sa sensibilité à la température de la mer à son haut degré d'adaptation à l'environnement polaire. Pour nourrir son poussin, il s'est spécialisé dans la pêche aux copépodes, de petits crustacés planctoniques, et capture jusqu'à 65 000 individus par jour. Le mergule pêche à proximité de la colonie où il recherche les zones de courants froids et évite les eaux plus tempérées. Ces courants froids qui descendent de l'océan Arctique par le détroit de Fram, entre le Groenland et le Spitzberg, sont peuplés par un copépode arctique de grande taille, *Calanus hyperboreus*, très riche en graisses, indispensables au bon développement du poussin. Une autre espèce de copépode, *C. glacialis*, se développe dans les eaux plus tempérées, réchauffées par les courants remontant de l'Atlantique Nord, mais elle est nettement plus petite et moins énergétique. De fait, ce petit copépode est rarement pêché par le mergule pour alimenter son poussin.

Depuis le début des années 2000, l'accélération de la fonte de la banquise et l'intensification des remontées d'eaux atlantiques le long des côtes du Svalbard modifient les conditions océanographiques de la mer du Groenland. Les effectifs des populations de mergules nains du Spitzberg diminuent. Il semble que les adultes, devant aller plus loin des côtes pour trouver les courants froids, aient plus de mal à nourrir leur petit que les années précédentes. À l'inverse, les populations du Groenland oriental, dont les côtes sont baignées par les courants arctiques renforcés par la fonte, restent stables. Inquiétés par cette tendance qui paraît menacer cette espèce clé de l'écosystème marin arctique, cinq équipes de chercheurs, deux américaines (Pomona College et Alaska Science Center), une française (Centre d'Écologie fonctionnelle et évolutive du CNRS), une norvégienne (Norwegian Polar Institute) et une polonaise (Polish Academy of Sciences) se sont fédérées pour étudier la relation entre succès de pêche et de reproduction de ces deux populations de mergule et intensité des modifications locales des courants de la mer du Groenland dues au réchauffement climatique. Soutenu par les instituts polaires français (Ipev) et norvégien, les organismes publics de recherche des différents



OLIVIER GILG / GREFA

Depuis 2000, les colonies de mergules nains du Spitzberg déclinent.

disponibilité des différentes espèces de copépodes dans les zones prospectées par les mergules, et la distribution spatiale précise des sites de pêche des oiseaux. L'objectif est de constituer d'ici à 2009 un modèle de réponse des colonies de mergules nains aux variations de leur milieu à partir duquel il sera possible d'évaluer précisément l'intensité des modifications de l'environnement marin arctique dû au changement climatique et, réciproquement, les effets d'un réchauffement, évalué de 3 à 6°C d'ici à la fin du siècle pour les eaux du Spitzberg, sur les effectifs de ce pingouin. Comme pour la plupart des espèces polaires, le très haut niveau de spécialisation développé par le mergule nain pour survivre dans un environnement extrême devient un handicap dans le contexte de réchauffement climatique. L'espèce risque de disparaître faute de pouvoir s'adapter au changement rapide de son environnement. ■

Mergule nain

Anglais : Little auk/Dovekie
Espagnol : Mergulo Atlántico
Nom latin : *Alle alle*
Famille : Alcidés ;
Ordre : Charadriiformes
Classe : Oiseaux
Taille : de 19 à 23 cm de long
Envergure : 40 cm
Masse : de 140 à 165 g

Régime alimentaire : zooplancton
Durée de vie : jusqu'à 16 ans
Reproduction : 1 œuf par an
Effectifs : de 12 à 20 millions de couples
Statut de conservation IUCN : préoccupation mineure (LC)



Le plus petit et le plus nordique des pingouins de la zone atlantique de l'Arctique passe l'essentiel de sa vie à pêcher de petits crustacés planctoniques en haute mer. Il ne revient à terre, en mars-avril, que pour nicher en bruyantes colonies très denses sur les éboulis rocheux des côtes insulaires et continentales de l'océan Glacial arctique, au nord du cercle polaire (depuis le nord du Groenland, l'archipel du Svalbard, la terre François-Joseph et la Nouvelle-Zemble jusqu'au nord de l'Islande). La femelle pond un seul œuf blanc bleuâtre dans un creux entre deux rochers qu'elle couve en alternance avec le mâle pendant 28 à 31 jours. Les parents se relaient de 26 à 30 jours de plus pour nourrir le poussin qui, alors doté de son nouveau plumage isolant, volette jusqu'à la mer. Incapable de voler sur de longues distances, il se laisse dériver vers le sud avec le courant, accompagné de son père qui continue à l'alimenter et lui apprend à pêcher. Les mergules effectuent des migrations saisonnières de plusieurs milliers de kilomètres, passant l'hiver en mer au large du Groenland ouest et de Terre-Neuve, entre la limite des glaces et le Gulf Stream avant de retourner sur leur site de nidification au printemps. Seule la population qui niche en terre François-Joseph reste en Arctique toute l'année et hiverne en mer de Barents à proximité des sites de nidification.

Espèce invasive La mouche bleue profite du réchauffement du climat de Kerguelen

DEPUIS 1978, UNE MOUCHE À VIANDE entame l'invasion de l'archipel sub-antarctique de Kerguelen grâce aux effets du réchauffement climatique qui lui permettent de s'y reproduire et de concurrencer une mouche aptère locale.



La mouche bleue (en haut) et la mouche aptère (en bas) se disputent les déchets de Kerguelen



Arrivée dans les années 1970, probablement depuis l'île de la Réunion avec le ravitaillement destiné aux personnels scientifiques et techniques français qui travaillent à la base permanente de Port-aux-Français, la mouche bleue (*Calliphora vicina*) s'est installée à Kerguelen, archipel le plus au sud des Terres Australes et Antarctiques Françaises dans l'océan Indien. D'abord circonscrite dans les bâtiments chauffés de la base, cette mouche commensale de l'Homme, très commune dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord, a été signalée pour la première fois en 1978 comme espèce invasive présente autour de la base de Port aux Français. Depuis cette date la mouche étrangère, qui bénéficie des changements actuels du climat, ne cesse d'étendre régulièrement son territoire et, dans certains secteurs, menace la survie d'une espèce de mouche sans aile autochtone.

Situées dans la zone australe de l'océan Indien, entre 48° 30' et 50° de latitude Sud, les îles Kerguelen sont placées juste au nord de la convergence Antarctique où s'affrontent les eaux tempérées fraîches du sud de l'océan Indien et les eaux froides de l'océan Austral. Balayées par les vents violents des "Cinquantièmes Hurlants", ces îles connaissent un climat froid subpolaire où la température moyenne varie de + 7,7° C en février à + 2° C en juillet. Isolée à 3 300 km de l'Afrique du Sud, la faune et la flore des Kerguelen présentent un fort taux d'endémisme. Ainsi, 23 des 39 espèces d'insectes répertoriés à Kerguelen en 2007 sont propres aux îles subantarctiques de l'océan Indien ou n'existent qu'à Kerguelen. Les 16 autres espèces ont toutes été introduites par l'Homme accidentellement avec des effets plus ou moins néfastes pour l'équilibre du fragile écosystème insulaire de Kerguelen. L'arrivée en 1913 d'un carabe carnivore, *Merizodus soledadius*, venu clandestinement des îles Malouines avec les moutons introduits à Kerguelen pour nourrir les baleiniers, s'est accompagné d'un recul des populations d'une espèce de mouche aptère, *Anatalanta aptera*, endémique des îles subantarctiques de l'océan Indien, Crozet, Kergue-

len et Heard. Cette mouche nécrophage occupe de vastes territoires dans les milieux où nichent les oiseaux marins, où elle se nourrit de déchets végétaux et animaux. Les larves d'*Anatalanta* constituent des proies abondantes et faciles pour ce prédateur, très actif dans un milieu où les prédateurs sont naturellement peu représentés.

Lorsque la mouche bleue a commencé à coloniser les plages de Kerguelen dans les années 1980, ses larves sont entrées en compétition avec celles de la mouche aptère. Les asticots de la mouche bleue, également nécrophages, se nourrissent sur les mêmes déchets que les larves d'*Anatalanta* qu'ils supplantent par leur nombre et leur voracité. Depuis lors, l'invasion de Kerguelen par la mouche bleue s'étend. Comment expliquer le rapide succès de cette mouche étrangère depuis à peine 25 ans alors que cette espèce cosmopolite, qui a su conquérir tous les biotopes des tropiques aux régions arctiques, y était sans doute déjà arrivée sur les navires ayant abordé aux Kerguelen depuis leur découverte, mais sans s'établir ? Intriguée par le phénomène, l'équipe ECOBIO de l'Université de Rennes 1 étudie, avec le soutien de l'Institut Polaire Français (IPEV) depuis plusieurs années la distribution et les fluctuations d'abondance

À Kerguelen, la température moyenne a augmenté de 0,5° C depuis 1960.

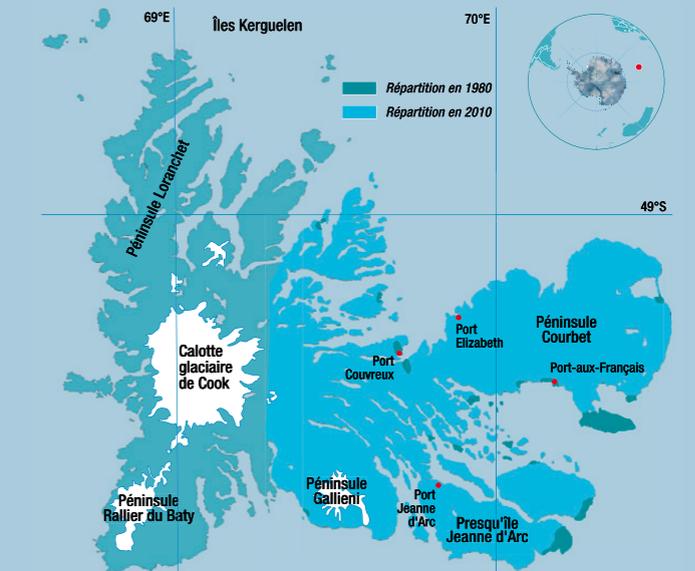
et d'activité de la mouche bleue. Parallèlement, les chercheurs ont déterminé la quantité minimale d'énergie annuelle nécessaire au déroulement du cycle vital complet de cette mouche dont chaque étape nécessite un apport d'énergie donné. En comparant la valeur obtenue avec les températures relevées sur Kerguelen depuis 1951, on observe que ce seuil énergétique n'a jamais été régulièrement atteint à Kerguelen avant 1980 ! Jusqu'à cette date, la mouche bleue ne pouvait donc pas se reproduire dans l'archipel. Depuis, l'emballage du réchauffement climatique dans la zone subantarctique a permis l'implantation de cette espèce à Kerguelen, où la température moyenne a augmenté de 0,5° C depuis 1960. Dans la partie ouest de l'archipel, qui porte la calotte glaciaire de Cook, les températures sont légèrement moins élevées et c'est sans doute la raison pour laquelle la mouche bleue n'a pas encore été observée dans ce secteur. Toutefois, le recul observé de ce glacier depuis 1962 laisse augurer d'une prochaine conquête et les scientifiques suivent d'un côté le recul du glacier et de l'autre les avancées de la mouche bleue et le recul de la mouche aptère pour évaluer les effets du

Mouche bleue



Anglais : Blue bottle fly
Espagnol : moscas azul botella
Nom latin : *Calliphora vicina*
Famille : Calliphoridae ;
Ordre : Diptères
Classe : Arthropodes
Taille : de 4 à 15 mm de long
Régime alimentaire : déchets de plantes, excréments et animaux en décomposition

Durée de vie : de 1 à 2 mois pour l'adulte
Reproduction : jusqu'à 300 œufs pondus dans un cadavre frais ou une plaie ouverte
Développement : 3 stades larvaires avant de former une puppe dont émerge l'adulte



La mouche bleue, aussi appelée mouche à viande, est une espèce dont les caractéristiques physiologiques et l'opportunisme alimentaire lui ont permis de conquérir la plupart des écosystèmes situés entre l'Arctique et les tropiques. Ses muscles alaires pouvant fonctionner dès 12 à 13°C, elle peut rester active à des températures plus basses que la plupart des mouches (5 à 6° C lorsqu'il y a du soleil). La durée du développement larvaire varie avec la température ; il dure environ 18 jours, dont 11 jours pour le stade puppe, à une température constante de 27°C. Lorsque la température est insuffisante, le développement est interrompu par une diapause et la larve passe à un mode de vie ralenti jusqu'au retour de conditions de température favorables.

Un prédateur opportuniste L'orque à la conquête de nouveaux territoires de chasse en Arctique

LE REcul DE LA BANQUISE ESTIVALE ouvre de nouveaux espaces de chasse aux orques qui franchissent les détroits libres de glace du passage du Nord-Ouest pour traquer bélougas, narvals et baleines dans l'est de l'archipel arctique canadien.



K. M. PARSONS, NATIONAL MARINE MAMMAL LABORATORY, NOAA FISHERIES

Dans l'hémisphère Nord, l'orque est un visiteur estival qui ne s'aventure dans les eaux de l'océan Arctique que dans la mesure où la fonte annuelle de la banquise leur ouvre un accès à ces eaux riches encore souvent encombrées par les glaces de mer. De fait, l'orque visite chaque été les eaux du détroit de Davis et de la baie de Baffin, le long des côtes du Nunavut et du Groenland, et les Inuits les connaissent depuis longtemps. Par contre, la présence de ces redoutables prédateurs dans les eaux intérieures de l'archipel Arctique canadien est une nouveauté. Les habitants des villages inuits bordant les eaux des détroits et baies de l'archipel ne voyaient jamais le grand cétacé noir et blanc, du moins pas avant le milieu du XX^e siècle. Désormais, les orques exploitent les eaux de la baie d'Hudson, du bassin de la Foxe et du golfe de Boothia chaque été.

Steven Fergusson et ses collègues de l'université du Manitoba à Winnipeg au Canada ont mis au point pendant l'Année Polaire Internationale 2007-2009 un "réseau d'observateurs" impliquant les communautés inuites du Nunavut, les chercheurs, les organisations de chasse, les professionnels du tourisme et diverses administrations pour suivre l'évolution de la répartition des orques dans les eaux de l'archipel Arctique canadien. En comparant la distribution spatio-temporelle des observations d'orques depuis 1900 avec l'évolution de l'englacement estival de la région, il est apparu que le recul de la banquise dans l'Arctique canadien s'est accompagné, dès les années 1960, d'une conquête par l'orque des eaux de la baie d'Hudson qui s'enfonce de plus en plus loin à l'intérieur de l'archipel. Les observations effectuées par les Inuits ont augmenté depuis lors de manière exponentielle et l'orque est désormais observée chaque été en baie d'Hudson et dans le bassin de la Foxe. L'accès aux eaux intérieures de l'archipel est limité par la présence de verrous de banquise, des zones d'accumulation de glaces dérivantes dans les détroits et espaces d'eaux peu profondes entre les îles où la banquise se maintient



ROBERT PITMAN / NOAA

L'arrivée d'un super-prédateur dans l'archipel arctique modifie l'équilibre des écosystèmes marins

en été. Il semble que le verrou du détroit d'Hudson se soit ouvert pour la première fois dans les années 1960. Ce verrou n'existe plus aujourd'hui et laisse passer les orques chaque année. D'autres verrous semblent s'être ouverts ces dernières années, en particulier dans les détroits et baies débouchant dans le détroit du Lancaster au nord de la terre de Baffin, puisque les orques sont également signalées dans l'Inlet de l'Amirauté (région de Arctic Bay), dans les eaux de Pond Inlet séparant la terre de Baffin et l'île Bylot, ainsi que dans le golfe de Boothia.



DR

L'utilisation de balises satellites sur quelques individus dans le golfe de Boothia a permis de confirmer que les orques appartiennent aux populations qui hivernent dans l'Atlantique Nord-Ouest, l'un d'eux ayant été suivi jusqu'aux Açores.

Les entretiens réalisés par Steven Fergusson et ses collègues auprès de 11 communautés inuites du Canada ont révélé que la fréquence des observations d'orques y était en augmentation. Il apparaît que les orques chassent les bélougas et les narvals, surtout en début et en fin d'été, et s'attaquent au cœur de l'été principalement aux baleines du Groenland, en particulier les femelles qui s'abritent dans les eaux côtières de Repulse Bay et du détroit de Roes Welcome, du bassin de la Foxe et du golfe de Boothia, pour élever leur baleineau.

Depuis 10 ans, les Inuits observent l'orque de plus en plus fréquemment

Selon les observateurs inuits, l'orque ne consomme pratiquement pas de poisson et ne s'attaque aux phoques

que de manière occasionnelle. L'expansion géographique de ce prédateur opportuniste dans l'archipel canadien, qui suit le recul des glaces généré par le changement climatique, est une menace pour les écosystèmes marins de l'archipel Arctique canadien jusqu'ici protégé par la présence de la banquise. L'arrivée d'un super-prédateur des eaux tempérées, qui prélève son écot sur les populations de mammifères marins arctiques, modifie la dynamique des populations des prédateurs arctiques et par conséquent de leurs proies (poissons, crustacés, plancton). Enfin, les mammifères marins arctiques sont aussi une ressource vitale pour les Inuits et s'ils ne considèrent pas l'orque comme un concurrent, leur participation active au suivi des populations d'orques montre l'intérêt qu'ils accordent au changement climatique qui les affecte et à la surveillance de ses effets sur leur vie quotidienne. ■

Orque

Anglais : Killer whale
Espagnol : orca
Nom latin : *Orcinus orca*
Famille : Delphinidés
Ordre : Cétacés
Classe : Mammifères
Taille
mâle : de 7 à 9,80 m ; 5,5 à 7 tonnes
femelle : de 4,5 à 8,50 m ; 2,5 à 4,7 tonnes

Régime alimentaire : poissons, mammifères marins, manchots et autres oiseaux
Durée de vie : jusqu'à 90 - 100 ans chez les femelles, 60 ans pour les mâles
Maturité sexuelle : de 6 à 10 ans pour les femelles ; de 12 à 16 ans pour les mâles



L'orque est la plus grande des espèces de la famille des Delphinidés et certainement l'une des plus faciles à identifier en mer du fait de sa couleur noir et blanche caractéristique et de sa très grande dorsale. Occupant toutes les mers du globe, à l'exception de la Méditerranée orientale, de la mer Noire et de la Baltique, l'orque est le super-prédateur dans la plupart des écosystèmes marins. Dans l'océan Austral, comme dans le Pacifique nord-est, l'espèce présente différentes formes qui se différencient aussi bien par des caractères morphologiques que comportementaux (spécialisation dans certains types de proie, taille des groupes familiaux, zones fréquentées...). Elle vit et chasse en meute, développant des techniques de chasse qui diffèrent d'une troupe à l'autre. Sa présence en Arctique se limite à l'été dans les zones libres de glaces, les troupes passant l'hiver dans les eaux tempérées de l'Atlantique (Açores, côte Est des USA) ou du Pacifique.



Il n'y a plus de saisons! Pas de printemps pour les oies bernaches nonettes!

AVEC UN PRINTEMPS PLUS PRECOCE, les bernaches nonettes se dépêchent de migrer en Arctique où la saison déjà avancée ne laisse plus assez de temps à leurs oisons pour se développer et grandir. De moins en moins de jeunent survivent.



K. M. PARSONS, NATIONAL MARINE MAMMAL LABORATORY, NOAA FISHERIES

Répondant aux effets du réchauffement climatique dans les zones tempérées, les bernaches nonettes ont avancé leur migration vers l'Arctique de plusieurs semaines. Mais ce départ précoce leur porte préjudice. Arrivées en Arctique, elles doivent prendre le temps de reconstituer les réserves d'énergie dépensées dans cette migration précoce et accélérée de 3000 km pour construire un nid et pondre leurs œufs dans un timing serré. Cette arrivée précoce sur les pâturages arctiques se solde par des pontes retardées par cette récupération post-migratoire et nombre de poussins naissent trop tard pour profiter du printemps arctique et accumuler les réserves nécessaires pour accompagner leur parent à l'automne.

Bart Nolet, Thomas Lameris et leurs collègues de l'institut néerlandais d'Écologie de l'Université d'Amsterdam ont suivi la migration des bernaches nonettes hivernant sur les côtes de la mer du Nord, en utilisant des balises satellites et des traqueurs à enregistrement, jusque sur leurs aires de nidification en mer de Barents. En comparant les données de ces suivis menés en 2003, 2004, 2005, 2009, 2011, 2014 et 2015, depuis les sites d'hivernage de Hollande et les sites de reproduction sur l'île Kolguev et les côtes de la baie de Kolokolkova en mer de Barents, ils ont pu observer à la fois un départ plus précoce depuis les sites d'hivernage, mais aussi une accélération de cette migration, les oiseaux arrivant jusqu'à 13 jours en avance en 2015 par rapport aux années 2000.

Alors que les bernaches effectuaient un ou plusieurs arrêts dans les îles de la mer Baltique, restant plusieurs jours à brouter les jeunes herbes, les oies ne s'arrêtent plus et volent directement jusqu'à leur site de nidification dans la partie orientale de la mer de Barents, couvrant en 5 jours les 3000 km de leur migration. Cette migration accélérée les contraint à faire une pause à l'arrivée pour reconstituer leurs réserves épuisées avant de pouvoir s'investir dans la reproduction. Ainsi, au lieu de pondre dès leur arrivée, il s'écoule plusieurs jours entre leur arrivée en Arctique et la ponte, alors que le printemps, plus

précoce que prévu, s'avance et que les jeunes pousses d'herbe gorgées de sucres et de protéines éclosent.

Dans les années 2000, alors que les effets du changement climatique, moins marqués, n'entraînaient pas encore un décalage important du déclenchement du printemps dans l'Arctique et les zones tempérées, la migration des bernaches nonettes, émaillée de haltes, leur permettait de voir leurs œufs éclore peu de temps avant le pic de production des plantes qui servaient à alimenter leurs jeunes. Cette concordance temporelle entre croissance de la végétation arctique et naissance des oisons permettait aux jeunes oies de profiter d'une nourriture de qualité en abondance, à même de leur apporter les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et à l'accumulation des réserves indispensables à la migration automnale vers les sites d'hivernage de la mer du Nord.

Avec l'accentuation des effets du changement climatique, 3 à 5 fois plus marqué en Arctique, le décalage entre le printemps arctique et le printemps des zones tempérées est tel que, lorsque les premiers signes de printemps sur les côtes de la mer du Nord (augmentation des températures et reprise de la croissance des plantes herbacées) ne devançant que de 2 à 3 semaines le printemps arctique, la coïncidence entre la disponibilité d'une nourriture riche et abondante et le pic de croissance des poussins ne se fait plus. Et faute d'une nourriture

Un printemps 3 à 5 fois plus précoce en Arctique qu'en zones tempérées

de qualité, les oisons ne peuvent grandir correctement et moins encore accumuler les réserves pour migrer dans de bonnes conditions. À ce rythme-là, c'est l'avenir des populations de bernaches nonettes de toute la mer du Nord qui est menacé. En effet, utilisant des indices locaux de déclenchement du printemps pour entamer leur migration, les bernaches ont peu de chance de s'adapter aux effets du changement climatique. On est loin du cas observé de l'explosion des populations d'oies du Canada qui menacent les pelouses printanières de l'Arctique canadien de surpâturage du fait de populations surabondantes qui profitent des mannes de l'agriculture intensive sur leurs sites d'hivernage du centre des États-Unis pour contrebalancer une éventuelle mortalité juvénile sur les sites de reproduction de l'Arctique canadien. Au moins pour l'instant... ■



DR

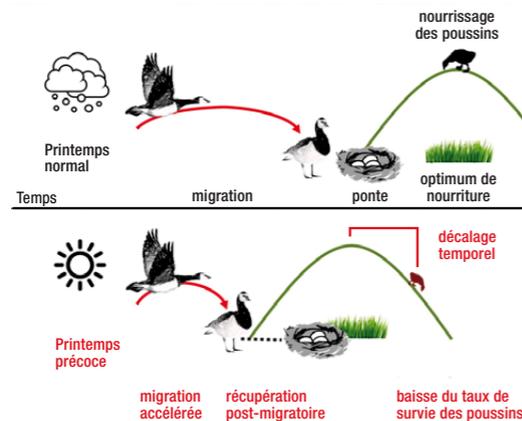
Bernache nonette

Anglais : Barnacle Goose
Nom latin : *Branta leucopsis*
Famille : Anserinae
Ordre : Anseriformes
Classe : Aves
Taille : de 58 à 71 cm pour 1,3 à 2,4 kg
Envergure : de 1,20 à 1,45 m
Régime alimentaire : plantes herbacées côtières - accessoirement algues, crustacés...

Durée de vie : jusqu'à 19 - 20 ans
Ponte : de 3 à 5 œufs - Incubation : 24 à 25 jours



La migration accélérée par les printemps précoces entraîne une importante mortalité des jeunes bernaches dans l'Arctique



SOURCE : THOMAS K. LAMERIS ET AL., 2018

Les sentinelles du changement climatique



www.lecerclepolaire.com

Tiré à part extrait d de la revue Pôles Nord & Sud publiée par Le Cercle Polaire